



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 51 106 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 41 J 2/44
G 02 B 27/09

②1 Aktenzeichen: 197 51 106.6
②2 Anmeldetag: 18. 11. 97
④3 Offenlegungstag: 28. 5. 98

DE 197 51 106 A 1

③0 Unionspriorität:
757,889 27. 11. 96 US

⑦1 Anmelder:
Eastman Kodak Co., Rochester, N.Y., US

⑦4 Vertreter:
Pohle, R., Dipl.-Phys. Fachphys.f.Erfindungswesen,
Pat.-Ass., 73760 Ostfildern

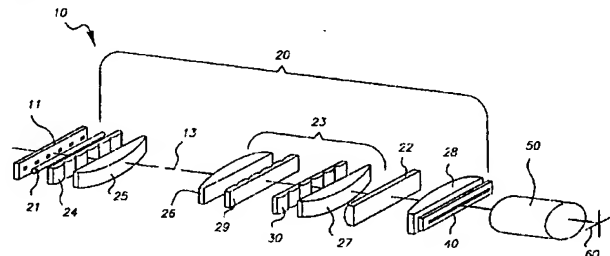
⑦2 Erfinder:
Kurtz, Andrew Frederick, Rochester, N.Y., US;
Kessler, David, Rochester, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Laserdrucker zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium

⑤7 Ein Laserdrucker (10) besteht aus einem Laserdioden-Array (11), einer Quer-Array-Beleuchtungsoptik (21), einer Laserlinenanordnung (24), einem Lichtmodulator-Array (40) und einem Fliegenaugenintegrator (23), der den Modulator mit gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung beaufschlagt.

Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laserdruckers wird das Winkelspektrum des am Modulator einfallenden Lichts so angepaßt, daß sich eine Verbesserung der Modulationsgüte ergibt. Das Modulator-Array (40) wird von den Laserdioden-Emittern (12) mit dem Laserdioden-Array (11) gleichmäßig beleuchtet und unterteilt das Licht in Bildelemente, die zur Erzeugung eines gewünschten Punktmusters anschließend in einer Medienebene (60) abgebildet werden.



DE 197 51 106 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Laserdrucker zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium.

Bei einem typischen Laserdrucker wird die von einem Laser ausgesendete Strahlung geformt und zur Erzeugung eines Punktes gewünschter Größe in einer Filmebene abgebildet. Der als Pixel bezeichnete Punkt ist das kleinste Element des Bildes. Zur Erzeugung der richtigen Dichte eines jeden Punktes wird die Laserstrahlung Pixel für Pixel moduliert. Zur Erzeugung eines zweidimensionalen Bildes wird der Laserpunkt in Zeilenrichtung abgetastet und das Medium in Seitenlängsrichtung transportiert.

Bei einem Druckersystem mit einem Dauerstrich (CW)-Gas- oder Festkörper-Laser werden die Bilddaten mit einem externen Modulator, beispielsweise einer akustooptischen Vorrichtung, in den Lichtstrahl eingegeben. Für Systeme mit Halbleiterdioden-Lasern wird die Laserstrahlung unmittelbar durch Änderung der Stromzufuhr zum Laser moduliert. Bei Druckern, die mit hochempfindlichen Medien, wie z. B. Silberhalogenid, arbeiten, wird eine hohe Durchsatzleistung durch Abtasten des Laserstrahls in Zeilenrichtung mit einem Polygonspiegel oder Galvanometer.

Drucker für Medien mit geringer Empfindlichkeit, wie z. B. Laser-Thermodrucker, arbeiten mit Laserstrahlungsquellen höherer Leistung und niedrigen Zeilen- und Seitenabtastgeschwindigkeiten, um den hohen Anforderungen an die Bestrahlung zu genügen, die in der Regel im Bereich von 0,2-0,5 Joule/cm² liegen. Diese Art der Abtastung kann unter anderem dadurch verwirklicht werden, daß man den Drucker wie eine "Drehmaschine" konfiguriert, wobei die Abtastung in Seitenlängsrichtung durch Drehen einer den Film aufnehmenden Trommel und die Abtastung in Zeilenrichtung durch translatorische Bewegung des Lasers in einer parallel zur Drehachse der Trommel verlaufenden Richtung bewirkt wird.

Um diesen hohen optischen Leistungsanforderungen in einer raumsparenden Anordnung mit relativ geringen Kosten zu verwirklichen, werden viele diskrete Laser zu Gruppen zusammengefaßt um in der Filmebene Mehrfachpunkte zu bilden. Gleichzeitig aufgezeichnete Mehrfachpunkte bzw. -pixel erhöhen die Durchsatzleistung, Mehrfach-Laserstrahlungsquellen liefern die erforderliche optische Energie. Um eine Vielzahl von Laserstrahlungsquellen in einem Laserdrucker zusammenzufassen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Unter anderem kann dafür ein System verwendet werden, bei dem die einzelnen Laserstrahlungsquellen getrennt mit Lichtleitfasern gekoppelt sind, die dann zu einer linearen Anordnung von Strahlungsquellen zusammengebaut werden. Ein System dieser Art wird in US-A-4 911 526 beschrieben.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, ein monolithisches Array von Laserstrahlungsquellen zu verwenden und die Elemente des Laser-Arrays dann zur Erzeugung von Vielfachpunkten unmittelbar auf dem lichtempfindlichen Medium abzubilden. Um Pixeldichten zu erhalten, wird die Stromversorgung der einzelnen Elemente des Laser-Arrays individuell moduliert. Im Vergleich zu Systemen, bei denen die Laser mit Lichtleitfasern gekoppelt sind, kann ein solches, in US-A-4 804 975 beschriebenes System mit geringeren Kosten und einem höheren Wirkungsgrad verwirklicht werden. Monolithische Laserdioden-Arrays dieser Art haben jedoch auch systembedingte Nachteile. Wenn die einzelnen Laserelemente unmittelbar auf dem Medium abgebildet werden, führt der Ausfall auch nur eines Elements in dem Array zu einem Fehler im Bildmuster. Außerdem ist die zum Modulieren der mit hohen Geschwindigkeiten in die Dioden eingespeisten hohen Stromstärken erforderliche

Elektronik teuer und schwierig herzustellen. Darüber hinaus ist das System für durch thermische und elektrische Einstrahlungen innerhalb des Diodenlaser-Arrays verursachte Bildfehler anfällig.

Eine Möglichkeit zur Verbesserung eines Systems mit einer monolithischen Dioden-Array-Strahlungsquelle besteht darin, jedes Laserelement in Subarrays zu unterteilen. Systeme, die mit solchen Lasern arbeiten, werden in den ebenfalls an den Zessionar der vorliegenden Erfindung abgetretenen US-Patentanmeldungen Nr. 07/986,207 vom 7. Dezember 1992 und Nr. 08/283,003 vom 29. Juli 1994 beschrieben. Die einzelnen Aufzeichnungspixel werden dabei jeweils aus dem zusammengefaßten Licht aller Laserelemente eines gegebenen Subarrays zusammengesetzt. Für die Bilddateneingabe werden die einzelnen Subarrays jeweils unmittelbar und individuell moduliert. Dieses Vorgehen trägt dazu bei, die Anfälligkeit gegen thermische Einstrahlungen zu verringern und das System gegen einen Ausfall einzelner Laserelemente innerhalb eines Subarrays unempfindlicher zu machen.

Ein System mit einer monolithischen Dioden-Array-Strahlungsquelle kann ferner auch dadurch verbessert werden, daß man das von den einzelnen Laserelementen abgestrahlte Licht zusammenfaßt, um einen Raumlichtmodulator mit Flutlicht zu beleuchten. Die Elemente des Modulators unterteilen das Licht in Bildelemente, wobei jedes Element des Modulators anschließend in einer Medienebene abgebildet wird, um die gewünschte Anordnung von Druckpunkten zu erhalten. Systeme, die nach diesem Verfahren arbeiten, werden in US-A-5,517,359 und US-A-5,521,748 beschrieben. Diese Systeme stellen gegenüber dem Stand der Technik insofern eine Verbesserung dar, als sie die Möglichkeit einer indirekten Modulierung des Lichts schaffen, so daß die Laserdioden-Array-Strahlungsquelle mit voller Leistung arbeitet und ausschließlich als Lichtquelle dient. Die in diesen Patenten beschriebenen Systeme haben jedoch den Nachteil, daß die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung der Modulator-ebene unter Umständen sehr zu wünschen übrig läßt. In beiden Fällen werden die emittierenden Elemente mit starker Vergrößerung unmittelbar auf dem Modulator abgebildet. Da die Lichtemissionsprofile in Längsrichtung des Arrays sowohl Makro- als auch Mikro-Ungleichmäßigkeiten aufweisen, kann die sich daraus ergebende Modulatorbeleuchtung mit erheblichen Ungleichmäßigkeiten behaftet sein. Die in US-A-5,517,359 beschriebene Erfindung sieht ein Spiegelsystem vor, das diese Schwierigkeiten teilweise dadurch ausgleicht, daß es die Makro-Ungleichmäßigkeiten im wesentlichen eliminiert. Infolge des größeren Beleuchtungswinkels des Modulators muß dabei jedoch eine verringerte Helligkeit in Kauf genommen werden. Davon abgesehen, werden mit diesem Verfahren zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit nur dann gute Ergebnisse erzielt, wenn das Lichtprofil über die Breite der emittierenden Elemente bereits größere Bereiche aufweist, in denen die Beleuchtung im wesentlichen gleichmäßig ist.

Zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit der Beleuchtung optischer Systeme gibt es zahlreiche Möglichkeiten, wie z. B. die Verwendung von Diffusoren und integrierenden Resonatoren. Die meisten dieser Verfahren haben jedoch eine erhebliche Verringerung der Helligkeit des Lichts auf dessen Weg durch das gesamte optische System zur Folge. Optische Systeme für den fotolithografischen Druck bei der Herstellung eines Halbleiterelements, beispielsweise eines IC-Chips, arbeiten weitgehend mit Integratoren, die eine gleichmäßige Beleuchtung im wesentlichen ohne Helligkeitsverluste gewährleisten. In vielen Systemen werden dafür Fliegenaugen-Linsenarrangements verwendet. Ein Beispiel ist das in US-A-4,497,015, Konno u. a., beschriebene

System, bei dem als Lichtquelle eine Bogenlampe verwendet wird, deren Licht vor dem Eintreffen an der Maskenebene sorgfältig homogenisiert wird. Ein ähnliches fotolithografisches Beleuchtungssystem, bei dem als Lichtquelle ein Laser, wie z. B. ein Excimer- oder YAG-Laser, verwendet wird, wird in US-A-4,939, 630 beschrieben. Bei diesen Lichtquellen – Bogenlampe, Excimer-Laser und YAG-Laser – handelt es sich um räumlich stetige Lichtquellen, die Strahlen mit beträchtlicher Lichtstärke aussenden. Ein Laser-Dioden-Array ist dagegen eine in Segmente aufgeteilte Lichtquelle, die aus einer Reihe kleiner, in einem größeren räumlichen Abstand zueinander angeordneten einzelnen Emittenten besteht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein mit Flutlichtbeleuchtung eines Raumlichtmodulators arbeitendes Beleuchtungssystem für einen Laserdrucker zu schaffen, das die durch Makro- und Mikro-Ungleichförmigkeiten des von den Laserelementen emittierten Lichts verursachten Probleme im wesentlichen ohne Helligkeitsverluste im optischen System beseitigt.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung eines Beleuchtungssystems für einen Laserdrucker mit einem Laserdioden-Array, das im Vergleich zu den bekannten Systemen kleiner ist und weniger Bauteile aufweist.

Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Beleuchtungssystem für einen Laserdrucker mit einem Laserdioden-Array zu schaffen, bei dem das Winkelspektrum des auf den Modulator fallenden Lichts zur Verbesserung der Modulationsgüte angepaßt werden kann.

Diese und weitere Aufgaben werden erfindungsgemäß durch einen Laserdrucker mit einem Laserdioden-Array gelöst, das folgende Komponenten aufweist: eine Beleuchtungsquelle, eine Laserlinsenanordnung, ein Fliegenaugenintegratorsystem und weitere optische Elemente zur Beleuchtung eines Modulator-Arrays, derart, daß bildfeldwinklig und räumlich eine im wesentlichen gleichmäßige Beleuchtung erzielt wird. Der reflektierend oder durchlässig ausgebildete Modulator wird von allen Elementen des Lasers gleichmäßig beleuchtet. Die Elemente des Modulators unterteilen das Licht in Bildelemente, die zur Erzeugung eines Punktmusters in einer Medienebene abgebildet werden.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Laserdruckers.

Fig. 2 eine Draufsicht auf einen Teil des in Fig. 1 dargestellten erfindungsgemäßen Laserdruckers mit weiteren Einzelheiten der Optik, insbesondere der Anordnung der Optik vor dem Modulator.

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine alternative Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laserdruckers mit Einzelheiten der Laserlinsenanordnung und der Linsenanordnungen zur Erzeugung einer gleichmäßigen Beleuchtung.

Fig. 4 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laserdruckers mit Lücken im Winkelspektrum.

Fig. 5 ein Diagramm des typischen Nahfeld-Raumlichtprofils eines Multimode-Laserdioden-Array-Emitters.

Fig. 6 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Laserdruckers.

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Laserdruckers.

Fig. 8 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Laserdruckers. Der als Ganzes mit der Kennziffer 10 bezeichnete Laserdrucker besteht aus einem Laserdioden-Array 11, einer Beleuchtungsoptik 20, einem

Raumlichtmodulator 40, einer Drucklinse 50 und einem in der Medienebene 60 angeordneten Empfangsmittel.

Das Laserdioden-Array 11 besteht aus einer Anordnung von Laserdioden-Emittern 12 mit hoher Strahlungsleistung. Die Emittenten 12 des Arrays werden von einer gemeinsamen Stromversorgung (nicht dargestellt) jeweils gleichzeitig nach dem Dauerstrich (CW)-Verfahren aktiviert. Die Verwendung eines CW-Lasers ohne individuelle Modulation vereinfacht die Ausführung der Stromversorgung und der Wärmeabstrahlung. Alle Diodenlaseremitter 12 des Laserdioden-Arrays 11 beleuchten in Verbindung mit der Beleuchtungsoptik 20 eine Zeile oder Fläche vorgegebener Größe an dem Modulator 40. Das von den einzelnen Laserelementen ausgestrahlte Licht wird dabei von der Beleuchtungsoptik über die volle Breite des Modulators 40 verteilt. Dadurch wird eine Lichtquellenredundanz erzielt und die Anfälligkeit des Systems für Funktionsstörungen einzelner Diodenlaseremitter 12 verringert.

Die dargestellte Beleuchtungsoptik 20 ist anamorphotisch ausgeführt, d. h. mit getrennten optischen Systemen für die Längs- und Querrichtung des Arrays, weil das von den Laserdiodenemittern ausgestrahlte Licht in den beiden Richtungen völlig andere Eigenschaften aufweist. Statt dessen können auch axialsymmetrische Komponenten für beide Richtungen verwendet werden. Die Quer-Array-Elemente bestehen aus der Faserlinse 21 und der Quer-Array-Linse 22 sowie Komponenten (nicht dargestellt) zum Korrigieren des Abbildungsfehlers der Quer-Array-Elemente. Im allgemeinen werden diese Quer-Array-Elemente so ausgeführt, daß sie das Licht auf die vertikale Breite des Modulators eingrenzen und die numerische Apertur (NA) des Quer-Arrays minimieren. Dies kann durch Abbilden der Laserdiodenemitter 12 auf dem Modulator 40 bewirkt werden. Statt dessen kann auch die Faserlinse 21 oder deren hintere Brennpunktebene auf dem Modulator abgebildet werden. Die letztgenannten Konfigurationen tragen dazu bei, das System gegen den Abbildungsfehler unempfindlicher zu machen.

Die Beleuchtungsoptik 20 enthält darüber hinaus zahlreiche weitere Elemente, wie z. B. eine Laserlinsenanordnung 24, eine Kombinator-Bildfeldlinse 25, einen Fliegenaugenintegrator 23 und eine Bildfeldlinse 28, die in der Zeichnung sämtlich als zylindrische Elemente dargestellt sind. Der Fliegenaugenintegrator 23 besteht aus einer ersten vergleichmäßigenden sphärischen Linsenanordnung 29, einer zweiten vergleichmäßigenden Linsenanordnung 30 und Bildfeldlinsen 26 und 27. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Beleuchtung des Modulators wird die Längs-Array-Optik im allgemeinen so ausgelegt, daß das von den einzelnen Laserdiodenemittern 12 ausgestrahlte Licht in eine Vielzahl von Abschnitten unterteilt und diese Abschnitte dann über die volle Länge des Modulators 40 zum Überlappen gebracht werden. Im Zusammenwirken mit der Quer-Array-Optik gewährleistet die Längs-Array-Optik eine Flutlichtbeleuchtung des Modulators mit einer langen, schmalen Lichtzeile gleichmäßiger Strahlstärke ohne wesentliche Beeinträchtigung der Helligkeit der Laserdioden-Array-Strahlungsquelle (weniger Durchlässigkeits- und sonstige Verluste) und Redundanz bezüglich der Emittenten. Die Beleuchtungszeile erstreckt sich dabei über die volle Länge des Modulators in Längsrichtung des Arrays, beleuchtet aber in Querrichtung des Arrays nur ein schmales Band, dessen Breite annähernd der Breite der einzelnen Elemente des Modulators 40 entspricht.

Zur Erzeugung einer Zeile dichtgepackter Druckpunkte wird der beleuchtete Modulator von einer Drucklinse 50 in der Medienebene 60 abgebildet. Die Drucklinse 50 setzt sich in der Regel aus einer Vielzahl einzelner Elemente zusammen, die axialsymmetrisch oder anamorphotisch ausge-

bildet sein können. Je nach Art des verwendeten Lichtmodulators 40 können die Drucklinsenelemente für den Modulationsprozeß mit zusätzlichen optischen Elementen versehen werden. So würde man beispielsweise für Lichtpolarisationsmodulatoren, wie z. B. PLZT- oder Flüssigkristallvorrichtungen, hinter dem Modulator einen Polarisationsanalysator, wie z. B. einen Strahlungsteilerwürfel, anordnen. Ein weiteres Beispiel für beugende Phasenumwandlungsmodulatoren wäre die Verwendung eines Schlierensystems als optisches System hinter dem Modulator. In diesem Falle könnte innerhalb der Drucklinsen-Baugruppe eine Blende angeordnet werden, um in einer Fourier-Ebene durch Phasendiskrimination das modulierte von dem nichtmodulierten Licht zu trennen.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten System wird zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit der Beleuchtung ein Fliegenaugenintegrator 23 verwendet, der weitgehend den üblicherweise für fotolithografische Systeme verwendeten Fliegenaugenintegratoren entspricht, hier jedoch so adaptiert ist, daß er in Verbindung mit einer segmentierten Strahlungsquelle, beispielsweise dem Laserdioden-Array 11, verwendet werden kann. Auch Konno, US-A-4,497,015, zeigt eine Beleuchtung für fotolithografische Systeme mit einem Fliegenaugenintegrator. Bei diesem System wird zum Aufteilen des von der als Strahlungsquelle dienenden Bogenlampe kommenden Strahls in zahlreiche kleinere Strahlen eine erste Fliegenaugenstufe mit zwei in Brennweitenabstand zueinander angeordneten Linsenarrangements verwendet. Die zweite der beiden Linsenarrangements bildet im Zusammenwirken mit einer Bildfeldlinse die von den ersten Linsen kommenden Strahlen überlappend in einer Zwischenbildebene ab. Der Vorgang wird dann zur weiteren Verbesserung der Gleichmäßigkeit mit einer zweiten Fliegenaugenintegratorstufe wiederholt. Ein von Kikuchi, US-A-4,939,630, beschriebenes System ist ähnlich ausgelegt wie das Konno-System, jedoch so adaptiert, daß es in Verbindung mit dem großen, nahezu parallel gerichteten Strahl eines Excimer-Lasers eingesetzt werden kann. In diesem Falle wird als erste Vergleichmäßigungsstufe (Uniformer) des Integrators eine vereinfachte Ausführung mit nur einer Linsenarrangement verwendet, die den großen Strahl in einzelne Abschnitte unterteilt, die dann zum Überlappen gebracht werden. Darauf folgt dann wieder, wie bei Konno, eine zweite Vergleichmäßigungsstufe mit zwei Linsenarrangements und Bildfeldlinsen.

Der Unterschied zwischen dem in Fig. 1 dargestellten System und dem von Konno und Kikuchi beschriebenen System besteht darin, daß das als Strahlungsquelle verwendete Laserdioden-Array 11 bereits in eine Vielzahl von Emittersegmenten aufgeteilt ist. Das von diesen Emittoren ausgestrahlte Licht kann überlappend kombiniert werden, ohne daß das von den Emittoren ausgestrahlte Licht vorher in eine Vielzahl kleinerer Strahlen unterteilt werden muß. In diesem Falle erzeugen die Laserlinsenarrangement 24 und die Kombinator-Bildfeldlinse 25 eine Zwischenbeleuchtungsebene, die dann in den Fliegenaugenintegrator 23 eingegeben wird. In dieser Zwischenbeleuchtungsebene ist das Lichtprofil gleichmäßiger, aber noch nicht voll integriert. Es ist möglich, daß nicht alle Punkte innerhalb des beleuchteten Bereichs Licht von allen Punkten der Strahlungsquelle empfangen oder daß nicht alle Punkte innerhalb dieses Bereichs mit dem vollen Winkel des einfallenden Lichts beaufschlagt werden. Zur weiteren Verbesserung der Gleichmäßigkeit wird der Fliegenaugenintegrator 23 eingesetzt. Das auf die erste vergleichmäßigende sphärische Linsenarrangement 29 fallende Licht umfaßt eine zweite Quelle in der Zwischenbeleuchtungsebene, die von dem Fliegenaugenintegrator 23 abgebildet wird.

In Fig. 1 weist der Fliegenaugenintegrator 23 eine erste Vielzahl von sphärischen Linsen (die der ersten vergleichmäßigenden Linsenarrangement 29 auf), die parallel zu der optischen Achse 13 angeordnet sind, um das aus der Zwischenbeleuchtungsebene in den Fliegenaugenintegrator 23 eingestrahle Licht aufzuteilen. Diese sphärischen Linsen (der ersten vergleichmäßigenden Linsenarrangement 29) bilden in einer ersten Brennpunktebene eine Vielzahl von Bildern der Laserlinsenarrangement 24 ab. Der Fliegenaugenintegrator 23 weist ferner eine zweite Vielzahl von sphärischen Linsen (die der zweiten vergleichmäßigenden Linsenarrangement 30) auf, die in der Nähe der ersten Brennpunktebene angeordnet sind und jeweils den Linsen der ersten Vielzahl von sphärischen Linsen entsprechen, die ihrerseits im Zusammenwirken mit Bildfeldlinsen 27 in einer zweiten Brennpunktebene Bilder der ersten Vielzahl von sphärischen Linsen (denen der ersten vergleichmäßigenden Linsenarrangement 29) abbilden. Eine Bildfeldlinse 27, die ebenfalls Bestandteil des Fliegenaugenintegrators ist, bewirkt daß diese Vielzahl von Bildern in der zweiten Brennpunktebene zentriert zum Überlappen gebracht wird. Der Fliegenaugenintegrator 23 kann zusätzlich eine Eingangsbildfeldlinse 26 aufweisen, damit das Licht telezentrisch in die Baugruppe einfällt.

Die bevorzugte Ausführungsform der Modulatorbeleuchtung wird im folgenden ausführlicher an Hand von Fig. 2 erläutert. Das Laserdioden-Array 11 in der Ebene a_0 ist räumlich in N_1 Strahlungsquellensegmente aufgeteilt, bei denen es sich in der Regel um großflächige Multimode-Laserdiodenemitter handelt. Bei Diodenlaser-Arrays hoher Leistung werden diese Laserdiodenemitter 12, um thermische Einstreuungen zu minimieren, nicht eng gepackt. Die aktiven Bereiche der Diodenlaser sind somit voneinander getrennt und nehmen jeweils nur einen Bruchteil der Gesamtlänge des Arrays ein. Das von den einzelnen Laserdiodenemittern 12 ausgestrahlte Licht ist weder zeitlich noch räumlich mit dem von einem anderen Laserdiodenemitter ausgestrahlten Licht kohärent, so daß bei Überlagerung des Lichts keine Beeinträchtigung der Gleichmäßigkeit der Beleuchtung durch Einstreuungen befürchtet werden muß. Ferner ist das Licht über die Gesamtzahl der Laserdiodenemitter selbst, von sehr wenigen Einzelbereichen abgesehen, inkohärent, so daß das von einem gegebenen Laserdiodenemitter ausgestrahlte Licht aufgeteilt und zum Überlappen gebracht werden kann, wobei auch in diesem Falle wiederum keine wesentlichen Einstreuungen zu befürchten sind. Optisch können diese Laserdiodenemitter als Mini-Breitstrahler angesehen werden, während viele Laser fast wie Punktlichtquellen wirken.

Wenn diese Emittoren jeweils überlappend in der Zwischenbeleuchtungsebene a_1 in Fig. 2 abgebildet werden, wird das bei a_1 einfallende Licht nur teilweise gemischt.

Das von den verschiedenen Emittoren ausgestrahlte Licht ist zwar zum Überlappen gebracht, aber nicht aufgeteilt und winkelmäßig oder räumlich gemischt worden. So vereinigt sich beispielsweise das von den axialen Punkten der einzelnen Emittoren kommende Licht in der Mitte der Ebene a_1 und das von den achsversetzten Punkten der einzelnen Emittoren kommende Licht an den achsversetzten Punkten der beleuchteten Fläche a_1 . Die eingezeichneten Strahlengänge der verschiedenen Laserdiodenemitter 12a, 12b und 12c veranschaulichen dies. Infolgedessen werden systematische Probleme im Lichtprofil über die Breite der Emittoren, wie z. B. der aus der Darstellung in Fig. 5 ersichtliche Flankenabfall, nicht beseitigt. Als zweite Integrationsstufe ist daher der Fliegenaugenintegrator 23 vorgesehen. Der aus den Bildfeldlinsen 26 und 27 und den vergleichmäßigenden sphärischen Linsenarrangements 29, 30 bestehende Fliegenaugen-

integrator **23** ist Bestandteil der Optik und dient dazu, das von den Laserdiodenemittern ausgestrahlte Licht zu selektieren und sowohl winkelmäßig als auch räumlich gründlicher zu mischen.

Die Ebenen a_0 , a_1 und a_2 in **Fig. 2** sind einander zugeordnet (konjugiert). Das gleiche gilt für die Ebenen b_0 und b_1 . Die Laserlinsenanordnung **24** besteht aus N_1 Linsenelementen, die jeweils einem gegebenen Laserdiodenemitter **12** des Laserdioden-Arrays **11** entsprechen. Im Zusammenwirken mit der Kombinator-Bildflächenlinse **25** bilden die Linsenelemente **24_a**, **24_b** und **24_c** jeweils einen Emitter mit starker Vergrößerung auf der Eingangsfläche der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung **29** in der Ebene a_1 ab. So veranschaulichen die von dem Laserdiodenemitter **12b** durch das Linsenelement **24b** und die Linse **25** zu der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung **29** eingezeichneten Strahlengänge beispielsweise eine axiale Abbildung. Zwei achsversetzte Abbildungen werden durch die Strahlengänge von dem Emitter **12a** durch das Linsenelement **24a** und die Linse **25** sowie von dem Laserdiodenemitter **12c** durch das Linsenelement **24c** und die Linse **25** dargestellt. Die Bildfeldlinse **26** verändert das ankommende Licht so, daß es telezentrisch in die erste vergleichmäßige sphärische Linsenanordnung **29** in der Ebene a_1 einfällt.

Das Licht wird in der Zwischenbeleuchtungsebene a_1 in N_2 Abschnitte aufgeteilt, wobei N_2 die Anzahl der Linsenelemente in jeder der vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen **29**, **30** angibt. Die entsprechenden Linsenelemente in der zweiten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung **30** bilden im Zusammenwirken mit der Bildfeldlinse **27** die Linsenelemente der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung **29** vergrößert und überlappend in der (auch als Modulatorebene **41** bezeichneten) Ebene a_2 ab. Die Bildfeldlinse **28** bewirkt ähnlich wie die Linse **26**, daß das ankommende Licht telezentrisch zur Beleuchtungsebene a_2 einfällt. Örtlich begrenzte Ungleichmäßigkeiten der Lichtverteilung in der Ebene a_1 werden auf diese Weise räumlich vergrößert und über den größeren Teil der Beleuchtungsebene a_2 verteilt. Wenn die einzelnen Abschnitte des von den N_2 vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen **29**, **30** in der Ebene a_1 selektierten Lichts auf diese Weise kombiniert werden, ergibt sich durch Ausgleich der örtlichen Ungleichmäßigkeiten eine wesentlich gleichmäßigere Verteilung der Strahlstärke des Lichts. Der Ausgleich ist natürlich um so besser, je mehr N_2 -Linsenpaare in dem Fliegenaugenintegrator **23** verwendet werden. Wenn die erzielte Gleichmäßigkeit dann immer noch nicht ausreicht, können hinter der Beleuchtungsebene a_2 weitere Integratorstufen mit Linsenanordnungs-paaren und Bildfeldlinsen vorgesehen werden.

Ein typisches Laserdioden-Array, wie der Optopower OPC-D020-Laser (Opto Power Corporation, Tucson, AZ), ist beispielsweise ein 20 Watt-Laser mit 19 Diodenlaserelementen, die jeweils 150 μm breit und mit einer Teilung von 650 μm über eine Gesamtlänge des Arrays von 11,85 mm verteilt sind. Bei einer numerischen Apertur (NA) von 0,13 sendet dieses Laser-Array linear polarisiertes Licht mit einer Wellenlänge von 830 nm aus. Für ein System, bei dem die Laserlinsenanordnung **24** aus von den Laserdiodenemittern ausgestrahlte Licht parallel richtet, beträgt die Brennweite der Linsenelemente dann 2,47 mm. Die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen **29** und **30** bestehen jeweils aus 6 Linsenelementen mit einer Breite von 1 mm in Längsrichtung der Anordnung. Die Kombinator-Bildfeldlinse **25** hat dann eine Brennweite von 99 mm, so daß die Anordnung **29** auf ihrer vollen Breite von 6 mm mit Licht beaufschlagt wird. Die Brennweite der Linsenelemente der

vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen **29**, **30** beträgt dann 8,0 mm. Dadurch ist gewährleistet, daß die Ausgangsflächen der Linsen in der Ebene b_1 ebenfalls voll mit Licht beaufschlagt werden. Für einen Raumlichtmodulator **40** mit 256 jeweils 60 μm breiten Pixeln beträgt die Brennweite der Bildfeldlinse **27** 123 mm, so daß eine ausreichende Vergrößerung für die Beleuchtung der vollen Länge des Modulators gegeben ist. Die Brennweite der Bildfeldlinse **28** beträgt dann ebenfalls 123 mm. Die Gesamtlänge des Beleuchtungssystems zwischen Laser und Modulator beträgt ca. 240 mm.

Das System wurde hier nur an Hand der Hauptfunktionen der verschiedenen Komponenten beschrieben, läßt aber Abwandlungen zu, mit denen die Leistung möglicherweise verändert oder verbessert werden kann. So wurden beispielsweise die Laserlinsenanordnung und die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen hier als zylindrische lichtbrechende Komponenten dargestellt, obwohl sie auch als beugende Komponenten oder Komponenten mit einem sphärischen oder torischen Linsenprofil ausgebildet sein könnten. Die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen können, wie in **Fig. 1** und **2** gezeigt, als zwei getrennte Elemente ausgeführt werden oder auch, wie in **Fig. 3** gezeigt, als ein optisches Element mit optisch wirksamen Flächen auf beiden Seiten.

Die in **Fig. 2** abgebildete Laserlinsenanordnung **24** arbeitet mit unendlich konjugierter Abbildung, so daß das von den Laserdiodenemittern ausgestrahlte Licht kollimiert wird. Die Bildfeldlinse **25** vervollständigt die Abbildung und Überlappung. Die in **Fig. 2** abgebildete Laserlinsenanordnung **24** kann jedoch auch so ausgebildet werden, daß unmittelbar die endlich konjugierte Abbildung erzielt wird. Dies kann unter anderem dadurch bewirkt werden, daß die Linsenelemente in Längsrichtung der Anordnung achsversetzt zu den Laserdiodenemittern angeordnet sind. Zu diesem Zweck wird für die Anordnung der Linsenelemente eine geringfügig kleinere Teilung gewählt als für die Laserlinsenanordnung selbst. Das durch die Laserlinsenanordnung fallende Licht wird dann gegenüber den optischen Achsen der entsprechenden Linsen verschoben. Die Bilder der Emitter werden in der Ebene a_1 in **Fig. 2** genauso überlappt wie bei Vorhandensein der Bildfeldlinse **25**, so daß die Linse **25** eigentlich nicht benötigt wird. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Linsen der Laserlinsenanordnung **24** mit derselben Teilung anzuordnen wie das Laserdioden-Array **11**, wobei dann aber die optischen Achsen der einzelnen Linsen der Laserlinsenanordnung **24** verschoben werden. Die Apertur der einzelnen Linsen der Laserlinsenanordnung **24** wird dabei nicht verringert, so daß das Licht verlustlos eingefangen wird, während sich die effektive Leistung der einzelnen Linsen ändert. Lichtbrechende Linsen würden beispielsweise als achsversetzt und gekrümmt ausgeführt werden. Wenn von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht wird, kann auch die Bildfeldlinse **25** entfallen, da deren Funktion von der Laserlinsenanordnung **24** wahrgenommen wird.

Entsprechend können auch die vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnungen **29** und **30** multifunktional ausgeführt werden. Dabei können die Linsen der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung **29** so ausgeführt werden, daß sie die Funktionen der Bildfeldlinse **26** mit übernehmen, so daß die Linse **26** entfallen kann. Wenn die Linsen der ersten vergleichmäßigen sphärischen Linsenanordnung **29** als achsversetzt und gekrümmt ausgeführt werden, können sie auch die Telezentritätsfunktion der Bildfeldlinse übernehmen. Wenn die Linsenelemente in endlich konjugierter Abbildung arbeiten, wird auch die Abbildungsfunktion der Bildfeldlinse nicht mehr benötigt. Der

Abstand zwischen den vergleichmäßigenden sphärischen Linsenarrangements 29 und 30 entspricht dann nicht mehr einer Brennweite, sondern dem für eine fehlerfreie Abbildung erforderlichen (größeren) Abstand. Diese Lösung kommt zwar mit weniger Teilen aus, bedingt jedoch eine wesentlich größere Komplexität der Ausführung der ersten vergleichmäßigenden sphärischen Linsenarrangement 29 insofern, als die Linsenelemente nicht mehr identische Eigenschaften aufweisen, sondern sich quer zur Anordnung unterscheiden. Die zweite vergleichmäßigende sphärische Linsenarrangement 30 könnte ebenfalls so ausgeführt werden, daß sie die Abbildungs- und Telezentritätsfunktionen der Bildfeldlinse 27 übernimmt.

Das Beleuchtungssystem kann auch den besonderen Erfordernissen der Raumlichtmodulortechnik angepaßt werden. So kann beispielsweise die Vorrichtung für die Änderung der Sekundärbeleuchtung in unmittelbarer Nachbarschaft der in Fig. 2 gezeigten gleichmäßig beleuchteten Modulatorebeleuchtungsebene 41 angeordnet werden. Es gibt z. B. Raumlichtmodulatoren, deren Füllfaktor (Verhältnis der Apertur zur Teilung der Modularelemente) deutlich unter 1,0 liegt. Bei Modulatoren mit einem derart niedrigen Füllfaktor kann es vorteilhaft sein, eine Linsenarrangement unmittelbar vor dem Modulator anzuordnen, um das Licht auf die Modularelemente zu fokussieren und dadurch Verluste durch Beaufschlagung von Bereichen außerhalb der Aperturen der Modularelemente zu vermeiden.

Auch Raumlichtmodulatoren mit dynamischen lichtbeugenden Vorrichtungen zur Änderung der Phase des Lichts sind auf dem Markt erhältlich. Mit einer in einer Fourier-Ebene innerhalb der Drucklinse 50 angeordneten Blende kann das Licht auf Modulation analysiert werden. In ihrer einfachsten Form läßt eine solche Blende das ungebeugte Licht nullter Ordnung entweder durch oder nicht. Da diese Modulatoren die Richtungs Bündelung des einfallenden Lichts ändern, ist die Modulationsgüte von der Winkelbreite oder numerischen Apertur (NA) des einfallenden Lichts abhängig. Durch den Einsatz komplexerer Blenden, beispielsweise "lattenzaunartiger" Blenden, kann der Kontrast des modulierten Lichts zu dem nichtmodulierten Licht bei entsprechender Einstellung der Beleuchtung verbessert werden.

Insbesondere bei der in Fig. 4 gezeigten alternativen Ausführungsform des in Fig. 2 dargestellten Systems ist der Fliegenaugenintegrator 23 so ausgebildet, daß die Linsenelemente der vergleichmäßigenden sphärischen Linsenarrangement 30 nicht voll mit Licht beaufschlagt werden (Licht ist nur in den mittleren Abschnitten der Elemente vorhanden). Dies kann durch eine Erhöhung der Anzahl der Linsenpaare erreicht werden. Das in der Modulatorebene 40 einfallende Licht weist dann im Bereich des Winkels Ω auf, die bei nichtmoduliertem Licht durch den Modulator wandern und auf die "lattenzaunartige" Blende 53 treffen. Diese Blende 53 ist in einem von Linsenelementen innerhalb der Drucklinse 50, beispielsweise dem als Fourier-Transformationslinse fungierenden Linsenelement 51, erzeugten Brennpunkt angeordnet. Im Falle eines modulierten Lichtstrahls erfolgt eine Phasenverschiebung sowohl des Lichts als auch der Lücken und infolgedessen eine Winkelverschiebung an der Blende 53, so daß Licht durch die Durchlaßbereiche der Blende fallen und schließlich in der Medienebene 60 abgebildet werden kann. (Fig. 4 zeigt einen Teilabschnitt der Beleuchtung eines axialen Modularelementes des beleuchteten Modulators 40 einschließlich der Winkellücken Ω und dann beispielhaft einen von der Blende durchgelassenen Lichtstrahl Ω_2). Die Blende 53 kann so ausgeführt werden, daß sie je nach Anordnung der lichtundurchlässigen Blockierelemente das nichtmodulierte Licht

(wie gezeigt) blockiert oder durchläßt.

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Laserdruckers, bei dem das Beleuchtungssystem vor dem Modulator auf einer klassischen Köhlerbeleuchtung basiert. Auch bei diesem System wird ein in Segmente aufgeteilter Fliegenaugenintegrator 35 in Verbindung mit dem als Lichtquelle dienenden, ebenfalls in Segmente aufgeteilten Laserdioden-Array 11 verwendet. Bei der in Fig. 2 dargestellten bevorzugten Ausführungsform wird die Lichtquelle (Laserdiodenemitter 12) in der Ebene a_0 über die konjugierte Ebene a_1 indirekt auf dem Objekt (dem in der konjugierten Ebene a_2 angeordneten Modulator) abgebildet, das seinerseits in der Medienebene 60 abgebildet wird. Das in Fig. 2 abgebildete System stellt im wesentlichen eine abgewandelte Form eines klassischen kritischen Beleuchtungssystems dar. Dagegen wird bei dem in Fig. 3 gezeigten System die Lichtquelle (Laserdiodenemitter 12) in einer Zwischenebene a_1 abgebildet, die ihrerseits in der Eingangspupille der Drucklinse 50 (nicht dargestellt) abgebildet wird. Bei dem optischen System in Fig. 3 erzeugt die Laserlinsenarrangement 31 eine bildraumtelezentrische Köhlerbeleuchtung in der Ebene b_0 , bei der in örtlich begrenzten Bereichen der Ebene b_0 jeder Punkt überlappend von jedem Quellenpunkt eines gegebenen Emitters 12 beleuchtet wird. Infolge dieser Überlappung ist das Lichtprofil in diesen örtlich begrenzten Bereichen systembedingt gleichmäßiger als die Lichtprofile der Emitter selbst. Diese örtlich begrenzten Bereiche der Ebene b_0 werden von dem aus den Elementen 32, 33 und 34 bestehenden, in Segmente unterteilten Fliegenaugenintegrator 35 selektiert und überlappend in der konjugierten Ebene b_1 erneut abgebildet. Da dies gleichzeitig die Modulatorebene 41 ist, wird der Modulator 40 auf diese Weise mit Flutlichtbeleuchtung beaufschlagt. Der Modulator wird dann nach entsprechender Vergrößerung durch die Abbildungslinse 50 in der Medienebene 60 abgebildet, um dort eine Zeile eng gepackter Aufzeichnungspunkte (nicht dargestellt) zu erzeugen.

Das in Fig. 3 gezeigte System nutzt die Segmentierung des als Strahlungsquelle dienenden Laserdioden-Arrays in vorteilhafter Weise, indem es den Fliegenaugenintegrator 35 in N_1 vergleichmäßigende Subarrays 36 segmentiert, die den N_1 Emittierelementen 12 des Laserdioden-Arrays 11 entsprechen. So entsprechen beispielsweise in dem Fliegenaugenintegrator 35 die vergleichmäßigenden sphärischen Linsenarrangementselemente 32a und 33a einem gegebenen Laserdiodenemitter 12a und einem Laserlinsenarrangementselement 31a. Jedes Laserlinsenarrangementselement 31 beaufschlagt einen Teilabschnitt der Ebene b_0 mit einer von dem entsprechenden Emitter ausgestrahlten Köhlerbeleuchtung.

Das Lichtprofil in den örtlich begrenzten Bereichen der Ebene b_0 wird jeweils in N_3 Teilabschnitte unterteilt, wobei N_3 der Anzahl von Linsenelementen in einem gegebenen vergleichmäßigenden Subarray 36 entspricht. Die vergleichmäßigenden sphärischen Linsenarrangementselemente 32 werden jeweils vergrößert und von dem entsprechenden vergleichmäßigenden Linsenarrangementselement 33 und der Kombinator-Bildfeldlinse 34 in der Ebene b_1 überlappend abgebildet. So wird beispielsweise Licht aus der Mitte der einzelnen Linsenelemente 32 in der Mitte der Modulatorebene b_1 (gleichzeitig Ebene 41) abgebildet, wie dies die Strahlengänge R, R' und R'' zeigen. Entsprechend gelangt Licht aus dem Randbereich der einzelnen vergleichmäßigenden sphärischen Linsenarrangementselemente 32, wie die Strahlengänge S und S' zeigen, zum Randbereich der beleuchteten Fläche in der Ebene b_1 . Für die räumliche Gleichmäßigkeit des Lichts am Modulator, also in der Ebene b_1 , müßte sich auf diese Weise insofern eine wesentliche Verbesserung ergeben, als dieses Licht aus dem Ausgleich der

N_3 Selektierungen der mit Köhlerbeleuchtung beaufschlagten Ebene b_0 resultiert, und zwar für sämtliche der N_1 Laseremitter.

Der Durchschnitt der Winkel des Ausgangslichts von den Emittern kann bei dieser Ausführungsform jedoch etwas verzerrt werden. So enthält beispielsweise bei dem in Fig. 3 gezeigten System mit drei vergleichmäßigenden sphärischen Linsenordnungspaaren pro Emitter ($N_3 = 3$) Licht, das sich in der Beleuchtungsebene b_1 in der Nähe der optischen Achse vereinigt, einen geringen Anteil kleinwinkligen Lichts von den Emittern und überwiegend großwinkliges Ausgangslicht, aber so gut wie kein Ausgangslicht mittlerer Winkelgröße. Dagegen setzt sich das Licht, das sich in den Randbereichen der beleuchteten Fläche der Ebene b_1 vereinigt, überwiegend aus Licht zusammen, das unter einem mittelgroßen Winkel aus den Emittern austritt. Der Anteil großwinkligen Lichts ist dabei gering, während kleinwinkliges Licht so gut wie gar nicht vorkommt. Durch Erhöhung der Anzahl der Linsen N_3 , in jedem der N_1 vergleichmäßigenden sphärischen Linsen-Subarrays 32, 33 kann der räumliche Ausgleich und insbesondere der Winkelausgleich verbessert werden.

Im Vergleich zu der in Fig. 2 abgebildeten bevorzugten Ausführungsform hat das in Fig. 3 dargestellte System den Vorteil, daß es mit weniger Teilen auskommt und eine Verkürzung der Systemlänge ermöglicht. Wie bereits erwähnt, kann die Güte des Winkelausgleichs jedoch in Abhängigkeit von der konstruktiven Ausführung des Systems schwanken. Da innerhalb des Teilungsabstands des Laserdioden-Arrays 10 Platz für mehrere (N_3) Linsen für jeweils zwei vergleichmäßigende sphärische Linsenordnungselemente 32, 33 vorhanden sein muß, läßt sich das in Fig. 3 gezeigte System nicht immer verwirklichen. Bei dem Laser OPC-D020 ist beispielsweise das Verhältnis von Emittbreite zu Emitterteilung relativ klein (0,23) und die absolute Größe der Emitterteilung (650 μm) so bemessen, daß mehrere (N_3) vergleichmäßigende Linsen-Subarrays Platz haben. Außerdem sind die vergleichmäßigenden sphärischen Linsenanordnungen 32, 33 in unmittelbarer Nachbarschaft des Laserdioden-Arrays in der hinteren Brennpunktebene der Laserlinsenanordnung 31 angeordnet. Dieser geringe Abstand kann die konstruktive Auslegung für die Aufnahme der Quer-Array-Optik komplizieren.

Die Brennweite der Laserlinsenanordnung 31 wird vorzugsweise so festgelegt, daß die volle numerische Apertur (NA) der Strahlenkegel aller Quellenpunkte an den Emittern 12 eingefangen wird. Für den Laser OPC-D020 mit $NA = 0,13$ beträgt diese Brennweite 1,93 mm. Für ein System, bei dem jedes vergleichmäßigende Subarray 36 mit $N_3 = 3$ Paaren entsprechender vergleichmäßigender Linsenordnungselemente versehen ist, haben alle Linsenelemente 32, 33 eine Breite von 0,17 mm und eine Brennweite von 2,15 mm. Für einen linearen Raumlichtmodulator 40 mit 256 jeweils 60 μm breiten Pixeln in der Ebene b_1 gemäß Fig. 3 hat die Bildfeldlinse 34 eine Brennweite von 198 mm. Das Beleuchtungssystem hat dann vom Laser bis zum Modulator eine Länge von 205 mm.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Winkelgleichmäßigkeit des in Fig. 3 dargestellten Systems bietet ein Aufbau, bei dem die Anzahl der vergleichmäßigenden sphärischen Linsenordnungselemente N_3 in den vergleichmäßigenden Subarrays 36 sich von Laserdiodenemitter zu Laserdiodenemitter unterscheidet. Am einfachsten läßt sich dies mit einer Anordnung verwirklichen, bei der die vergleichmäßigenden sphärischen Linsenordnungselementpaare von einem Subarray zum anderen jeweils unterschiedlich ausgeführt sind, beispielsweise abwechselnd ungeradzahlig und geradzahlig, wie z. B. nach dem in Fig. 6

gezeigten Muster 3-4-3-4. Ein vergleichmäßigendes Subarraypaar 36 mit einer geraden Anzahl von Linsenelementen verteilt Ausgangslicht mittlerer Winkelgröße auf die Mitte der Ebene b_1 und klein- und großwinkliges Ausgangslicht auf die Randbereiche der beleuchteten Fläche in der Ebene b_1 . Der dadurch bewirkte Ausgleich der Winkelverteilung des einfallenden Lichts für die vergleichmäßigenden Subarrays mit einer ungeraden Anzahl von Linsen ergibt auf diese Weise insgesamt eine auch bezüglich der Winkelgleichmäßigkeit verbesserte Beleuchtung der Ebene b_1 . Wenn sich die einzelnen vergleichmäßigenden Subarrays auf diese Weise unterscheiden, unterscheiden sich auch die Breite und die Brennweite der Linsen von einem Subarray zum anderen entsprechend. Infolgedessen schwankt auch die erforderliche Vergrößerung in der Ebene b_1 , wobei nur eine Bildfeldlinse 34 mit einer ganz bestimmten Brennweite für alle Subarrays 36 verwendet wird. Wenn dann die erzielte Gleichmäßigkeit immer noch nicht ausreicht, können, wie bei der in Fig. 2 dargestellten bevorzugten Ausführungsform, hinter der Beleuchtungsebene b_1 in Fig. 3 oder Fig. 6 weitere Integratorstufen mit Linsenordnungselementpaaren und Bildfeldlinsen vorgesehen werden.

Das Laserdioden-Array kann auch, wie in Fig. 7 gezeigt, aus einem Stapel von Mehrfach-Laserdioden-Arrays bestehen. Der Laser 11 besteht dort aus zwei Laser-Arrays. In Fig. 7 wird für die senkrecht gestapelten Laser-Arrays in Längsrichtung des Arrays jeweils dieselbe Beleuchtungsoptik (Laserlinsenanordnung, Bildfeldlinsen und Fliegenaugen-Vergleichmäßiger) verwendet, während in Querrichtung des Arrays parallele Linsenelementsätze 21 und 22 zum Einsatz kommen, so daß mehrere Pixelreihen am Modulator gleichzeitig beleuchtet werden. Um mit weniger Teilen auszukommen, werden die Linsenelemente in Längsrichtung des Arrays von den Mehrfach-Laser-Arrays mitbenutzt. Es können aber auch eigene Laserlinsenanordnungen für die verschiedenen Laserdioden-Arrays 11a und 11b verwendet werden. Dies hat den Vorteil, daß die Ausrichtung der Mehrfach-Laser-Arrays 11 in Längsrichtung des Arrays dann weniger kritisch ist. Mehrfach-Laser-Arrays 11 könnten auch in Verbindung mit Mehrfach-Modulator-Arrays 40 verwendet werden, wobei dann in Längsrichtung statt in Querrichtung des Arrays die Array-Beleuchtungsoptik doppelt vorhanden sein würde. Das in Fig. 7 dargestellte System könnte auch dahingehend abgeändert werden, daß Mehrfach-Laserdioden-Arrays nur ein Modulator-Array beleuchten, indem in Querrichtung des Arrays von einer gemeinsamen Optik Gebrauch gemacht wird. Dies hat den Vorteil, daß dadurch am Modulator-Array und somit auch an den Medien selbst eine höhere Leistungsdichte erzielt wird, so daß mit höherer Produktivität oder weniger empfindlichen Medien gedruckt werden kann. Nachteilig ist dabei die Vergrößerung der numerischen Apertur (NA) in Querrichtung des Arrays und die dadurch bedingte Verringerung der Tiefenschärfe am Medium und Vergrößerung der Drucklinse 50.

Es ist vorstellbar, daß der Fortschritt der Technik früher oder später auch Laserdioden-Arrays mit Monomode-Emittern verfügbar macht, deren Leistung mit der Leistung der zur Zeit verwendeten Vorrichtungen mit Multimode-Laserdiodenemittern vergleichbar ist. Solche Laserdioden-Arrays hätten generell den Vorteil einer wesentlich größeren Leistungsdichte und Helligkeit. Da Monomode-Emitter Strahlen mit Gaußschen Profilen erzeugen, wäre für die bei einem Raumlichtmodulator in einem Laserdrucker zur Anwendung kommende Flutlichtbeleuchtung jedoch nach wie vor eine räumliche Homogenisierung erforderlich. Die beschriebenen Beleuchtungssysteme sind für den Einsatz in Verbindung mit einem Monomode-Diodenlaser-Array adaptierbar,

sofern die räumliche Kohärenz solcher Strahlungsquellen keine Einstreuungen in der Beleuchtungsebene verursacht. Durch den Einsatz weiterer Komponenten, beispielsweise eines lichtdurchlässigen Stufengitters (Echelon), könnte das von den einzelnen Emitttern kommende Licht in räumlich inkohärente Segmente aufgeteilt werden, die sich problemlos überlappen lassen, sofern die zeitliche Kohärenz des Lasers so kurz ist, daß das Stufengitter in einer praktikablen Entfernung wirksam werden kann. Zur Verhinderung von Einstreuungen können auch Polarisatoren verwendet werden, sofern der Raumlichtmodulator gegen Polarisierung unempfindlich ist.

Die Erfindung wurde hier ausführlich an Hand bevorzugter Ausführungsformen beschrieben, läßt jedoch Abwandlungen und Änderungen zu, ohne dabei den Schutzzumfang der Ansprüche zu verlassen. So könnten beispielsweise unter den richtigen Voraussetzungen auch andere Lichtintegratoren, wie z. B. Lichttunnel, verwendet werden. Anstelle des Laserdioden-Arrays können auch andere in Segmente aufgeteilte Strahlungsquellen, wie z. B. ein LED-Array oder ein Faser-Array verwendet werden. Das Laserlicht für das Faser-Array kann entweder von Lasern mit Faseranschlußkabeln oder von Faserlasern kommen. Die getrennte Quer-Array-Beleuchtungsoptik könnte ebenfalls entfallen und durch ein zweidimensionales Integrationssystem ersetzt werden. Anzustreben ist generell eine Verringerung der Restungleichmäßigkeit auf wenige Prozent.

Obwohl die dargestellten Beispiele jeweils nur einen Fliegenaugenintegrator zeigen, könnten bei einem optischen System dieser Art auch mehrere Fliegenaugenintegratoren verwendet werden.

Bezugszeichenliste

10 Laserdrucker	35
11 Laserdioden-Array	
12 Laserdioden-Emitter	
12 a, 12b, 12c Emitter	
13 optische Achse	
20 Beleuchtungsoptik	40
21 Faserlinse	
22 Quer-Array-Linse	
23 Fliegenaugenintegrator	
24 Laserlinsenordnung	
24 a, 24b, 24c Linsenelemente	45
25 Kombinator-Bildfeldlinse	
26, 27 Bildfeldlinsen	
28 Bildfeldlinse	
29 erste vergleichmäßigende sphärische Linsenordnung	
30 zweite vergleichmäßigende sphärische Linsenordnung	50
31 Linsenordnung	
31 a Laserlinsenordnungselement	
32 vergleichmäßigende sphärische Linsenordnungselemente	
32 a, 33a vergleichmäßigende sphärische Linsenordnungselemente	55
32, 33 vergleichmäßigende sphärische Linsenordnungselemente	
34 Bildfeldlinse	
35 in Segmente aufgeteilter Fliegenaugenintegrator	60
36 vergleichmäßigende Subarrays	
40 Raumlichtmodulator-Array	
41 Modulatorebene	
50 Drucklinse	
51 Linsenelement	65
53 Blende	
60 Medienebene	

Patentansprüche

1. Laserdrucker (10) zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, **gekennzeichnet durch**
 - ein Laser-Array (11), bestehend aus mehreren Laserdioden-Emittern (12), von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
 - eine Quer-Array Beleuchtungsoptik (21) zum Reduzieren der Divergenz der durch die Vielzahl der Laserdiodenemitter erzeugten Lichtstrahlen;
 - eine Laserlinsenordnung (24), wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem Laserdiodenemitter empfängt;
 - mindestens einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung eines aus mehreren Modulatoren bestehenden Modulator-Arrays (40); und
 - eine Drucklinse (50), die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.
2. Laserdrucker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fliegenaugenintegrator (23) aus einer ersten gleichförmigen sphärischen Linsenordnung (29) und einer zweiten gleichförmigen sphärischen Linsenordnung (30) besteht.
3. Laserdrucker nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Fliegenaugenintegrator (23) und der Laserlinsenordnung (24) eine Bildfeldlinse (25) angeordnet ist.
4. Laserdrucker nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Fliegenaugenintegrator (23) und dem Modulator-Array (40) eine Bildfeldlinse angeordnet ist.
5. Laserdrucker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fliegenaugenintegrator in Segmente aufgeteilt ist, wobei jedes Segment Facetten auf einer ersten Fläche und Facetten auf einer zweiten Fläche aufweist und jedes Segment einem Laserdiodenemitter und einer Laserlinsenordnung entspricht.
6. Laserdrucker nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Fläche eine erste Anzahl Facetten und die zweite Fläche eine zweite Anzahl von Facetten aufweist und die erste und zweite Anzahl gleich groß ist.
7. Laserdrucker nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserlinsenordnung den Fliegenaugenintegrator mit Köhlerbeleuchtung beaufschlagt.
8. Laserdrucker nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Gruppe von Segmenten eine gerade Zahl von Facetten auf der ersten und zweiten Fläche und eine zweite Gruppe von Segmenten eine ungerade Zahl von Facetten auf der ersten und zweiten Fläche aufweisen.
9. Laserdrucker nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Segmente der Gruppe eins mit den Segmenten der Gruppe zwei abwechseln.
10. Beleuchtungssystem, gekennzeichnet durch
 - ein Laser-Array (11), bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern (12), von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
 - eine Quer-Array Beleuchtungsoptik (21) zum Reduzieren der Divergenz der durch die Vielzahl der Laserdiodenemitter erzeugten Lichtstrahlen;
 - eine Linsenordnung (24), wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem Laserdiodenemitter empfängt;
 - mindestens einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleich-

- mäßiger Flutlichtbeleuchtung einer Fläche.
11. Laserdrucker nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß an der Fläche ein Modulator-Array angeordnet ist.
 12. Laserdrucker (10) zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch
 - ein LED-Array, bestehend aus mehreren LED-Emittern von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
 - eine Linsenanordnung (24), wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem LED-Emitter empfängt;
 - mindestens einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung eines Modulator-Arrays, das aus mehreren Modulatoren besteht; und
 - eine Drucklinse (50), die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.
 13. Laserdrucker zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch:
 - ein Laser-Array, bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern, von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
 - eine Laserlinsenanordnung, wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem Laserdiodenemitter empfängt;
 - einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung eines Modulator-Arrays, das aus mehreren Modulatoren besteht; und
 - eine Drucklinse (50), die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.
 14. Laserdrucker zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch
 - ein Laser-Array, bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern, von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
 - eine Quer-Array Beleuchtungsoptik zum Reduzieren der Divergenz der durch die Vielzahl der Laserdiodenemitter erzeugten Lichtstrahlen;
 - eine Laserlinsenanordnung, wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem Laserdiodenemitter empfängt;
 - einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung eines Modulator-Arrays, das aus mehreren Modulatoren besteht, wobei der Fliegenaugenintegrator in Segmente aufgeteilt ist und jedes Segment Facetten auf einer ersten Fläche und Facetten auf einer zweiten Fläche aufweist; und
 - eine Drucklinse (50), die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.
 15. Laserdrucker nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Fliegenaugenintegrator und dem Modulator-Array eine Bildfeldlinse angeordnet ist.
 16. Laserdrucker (10) zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch
 - eine Vielzahl von Laserdioden-Arrays, bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern, von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
 - eine Quer-Array Beleuchtungsoptik zum Reduzieren der Divergenz der durch die Vielzahl der Laserdiodenemitter erzeugten Lichtstrahlen;
 - eine Linsenanordnung, wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von jedem

- Laserdiodenemitter empfängt;
- einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldwinklig gleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung von mindestens einem Modulator-Array, das aus mehreren Modulatoren besteht; und
 - eine Drucklinse (50), die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.
17. Laserdrucker (10) zum Drucken auf ein lichtempfindliches Medium, gekennzeichnet durch
 - einen ersten Laserdioden-Array, bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern, von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
 - einen zweiten Laserdioden-Array, bestehend aus mehreren Laserdiodenemittern, von denen jeder einen Lichtstrahl aussendet;
 - eine Quer-Array Beleuchtungsoptik zum Reduzieren der Divergenz der durch die Vielzahl der Laserdiodenemitter erzeugten Lichtstrahlen;
 - eine Laserlinsenanordnung (24), wobei jedes Linsenelement der Anordnung einen Lichtstrahl von einem Laserdiodenemitter im ersten Laserdioden-Array und einem Laserdiodenemitter im zweiten Laserdioden-Array empfängt
 - einen Fliegenaugenintegrator (23) zum Erzeugen raum- und bildfeldgleichmäßiger Flutlichtbeleuchtung eines ersten und zweiten Modulator-Arrays, von denen jedes aus mehreren Modulatoren besteht, wobei das erste Modulator-Array hauptsächlich vom ersten Laserdioden-Array und das zweite Modulator-Array hauptsächlich vom zweiten Laserdioden-Array beleuchtet wird; und
 - eine Drucklinse, die das Modulator-Array auf dem lichtempfindlichen Medium abbildet.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

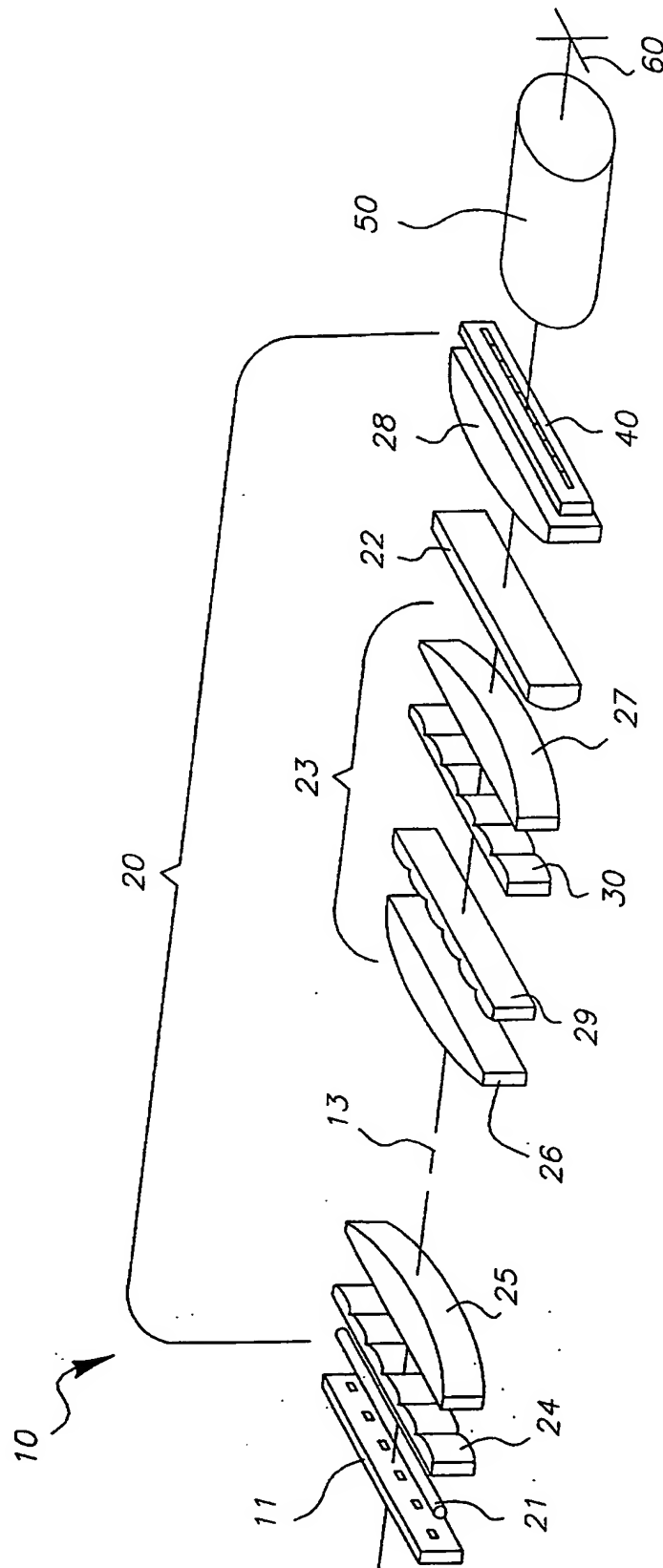


FIG. 1

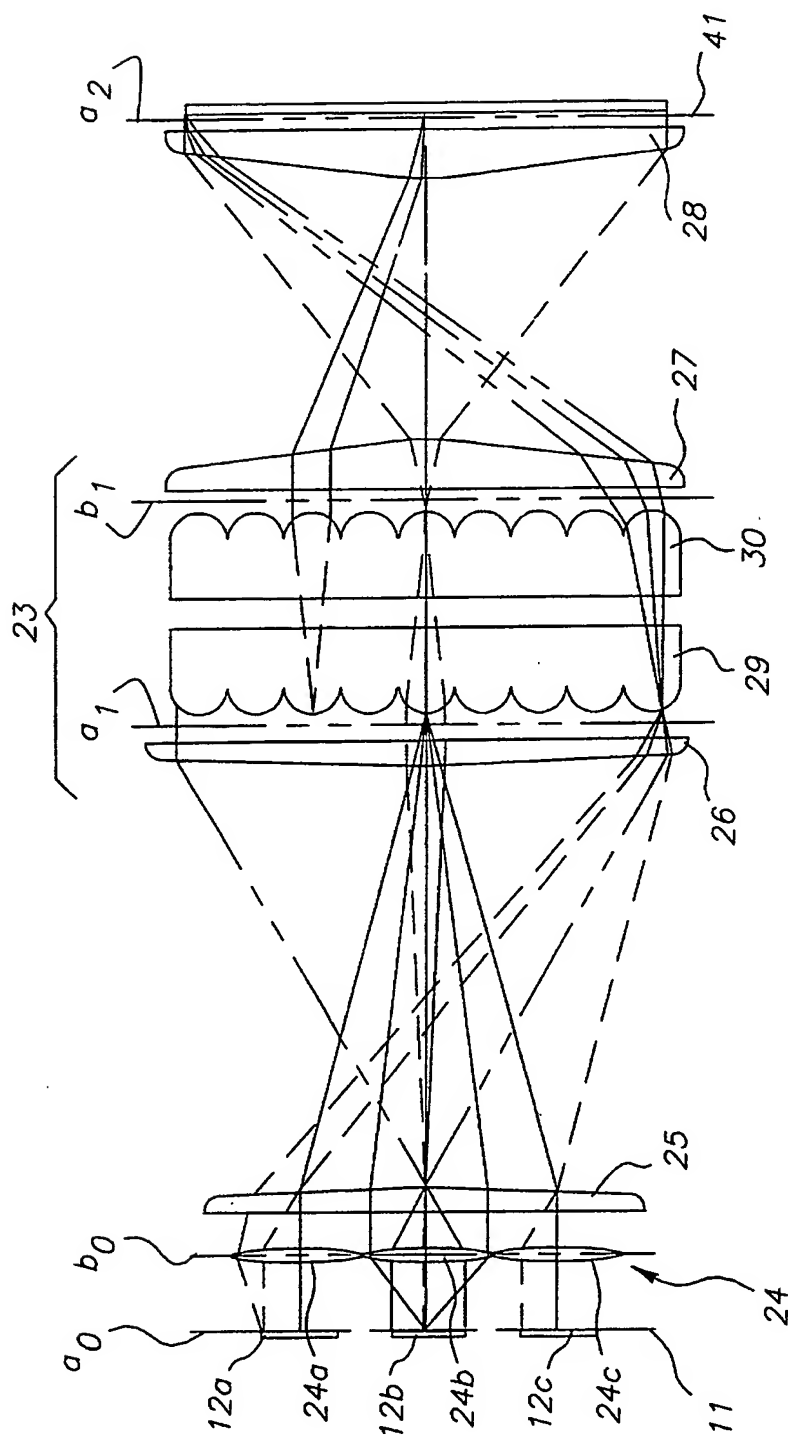


FIG. 2

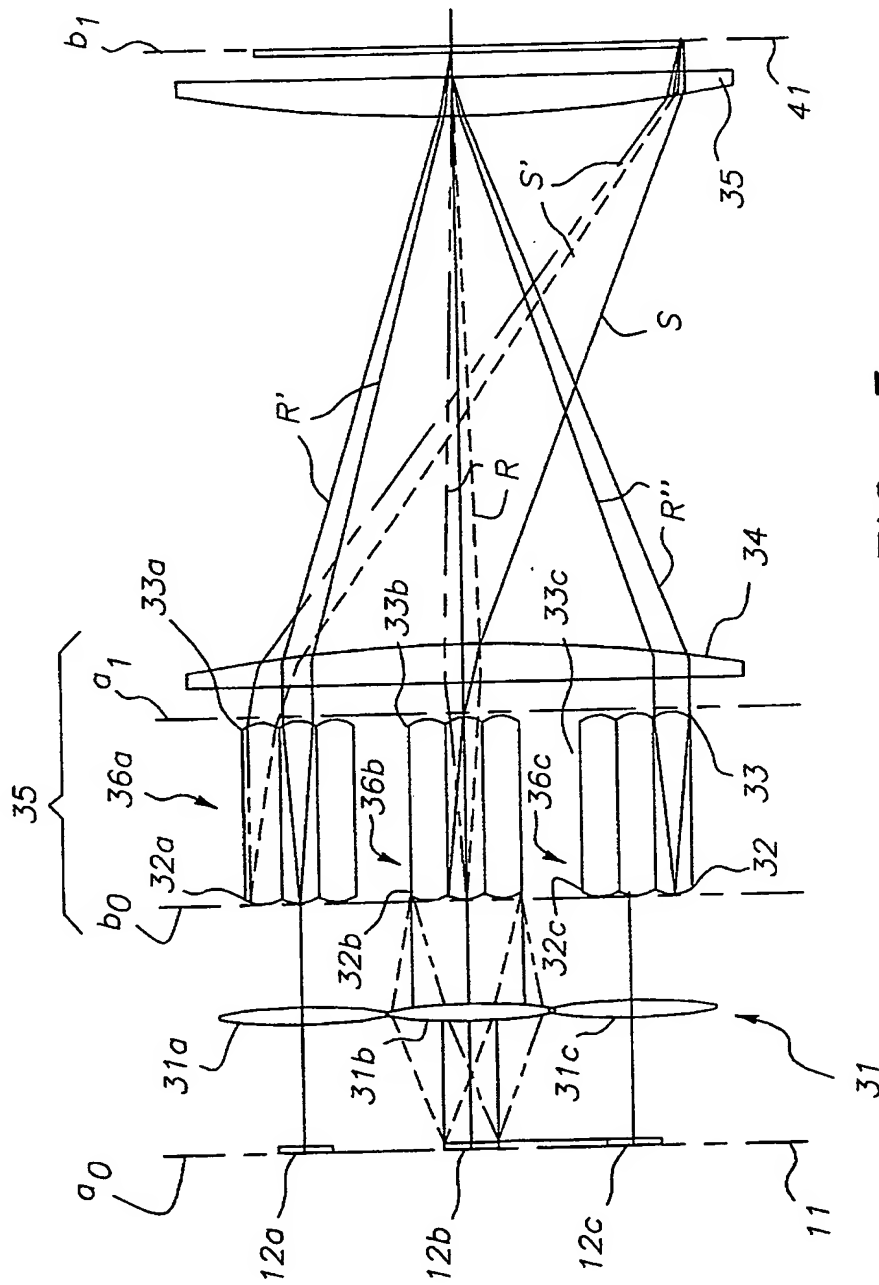


FIG. 3

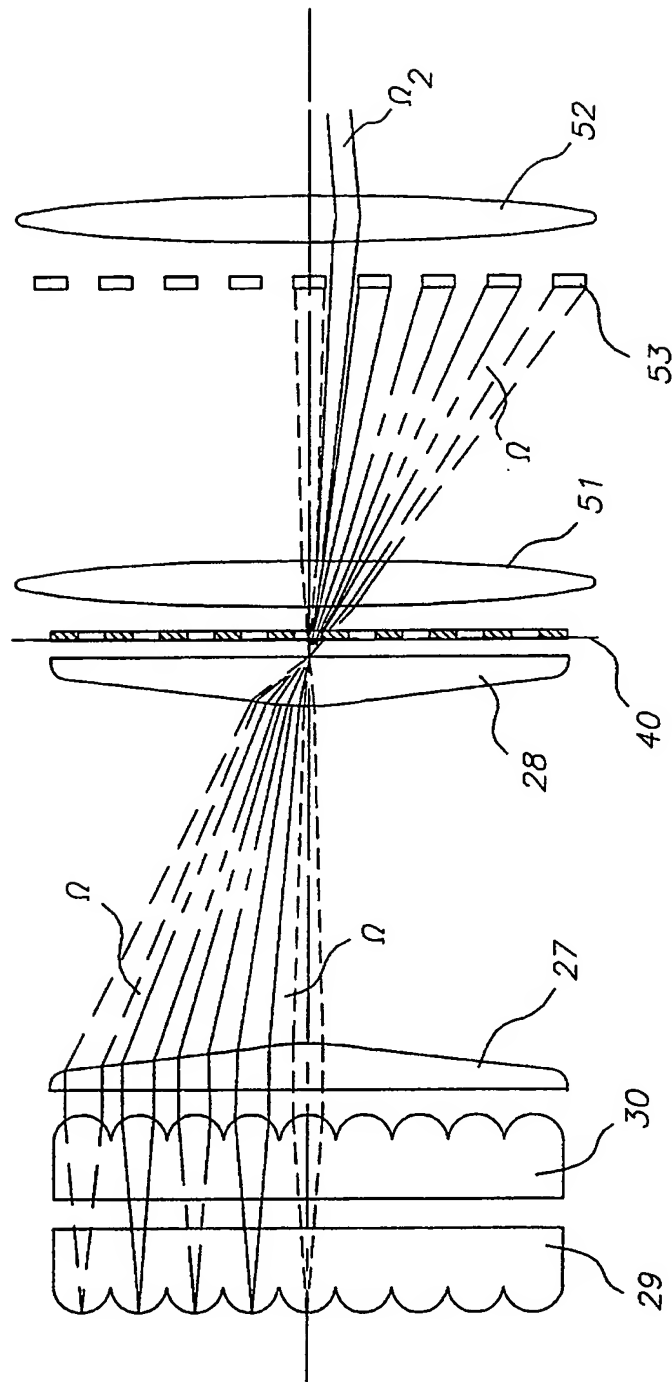


FIG. 4

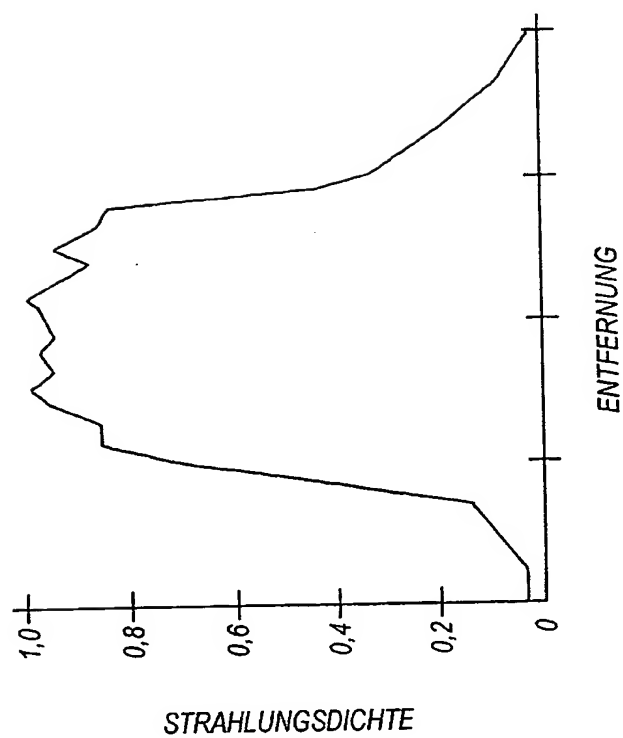


FIG. 5

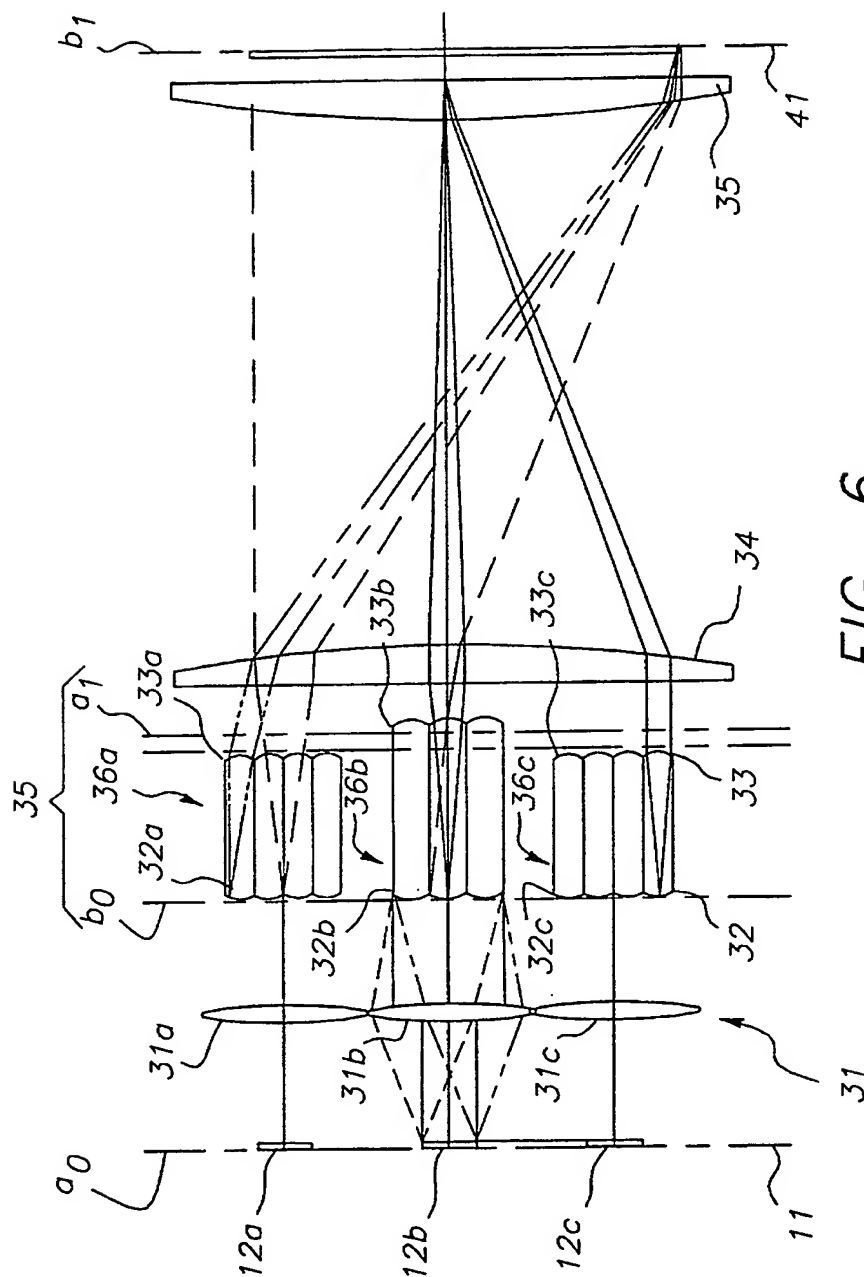


FIG. 6

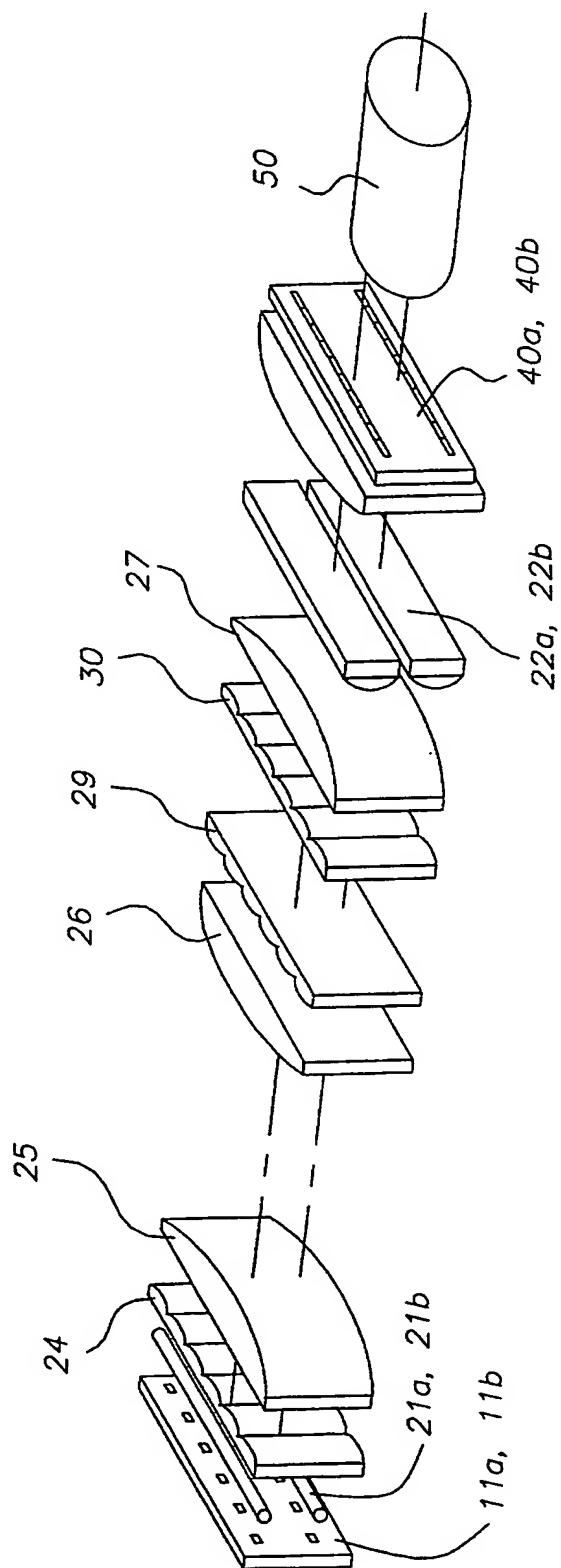


FIG. 7